

Estudio de caso. Reducción del impacto ambiental del movimiento de tierra de la ampliación de la refinería de petróleo en Cienfuegos, Cuba.

Juan José Cabello Eras¹ (jcabello@ucf.edu.cu)

Danny Hernández Capote (ddhndez@cuenpetrol.cu)

Alexis Sagastume Gutiérrez¹ (asagastume@ucf.edu.cu)

Luc Hens²

Carlo Vandecasteele³

1: Universidad de Cienfuegos, Carretera a Rodas, Cienfuegos, Cuba

2: Unidad Inversionista Expansión Refinería “Camilo Cienfuegos”.

3: Department of Human Ecology, Vrije Universiteit Brussel, Belgium

4: Department of Chemical Engineering, K.U.Leuven, Belgium

1 - Introducción:

El impacto ambiental de la industria de la construcción es reconocido, en primer lugar por el elevado consumo de recursos naturales que para su desarrollo demanda y en segundo lugar por la cantidad de residuos que genera. (Tchobanoglous 1994, Blumenschein 2004)

Aunque es menos divulgado también la actividad constructiva es un importante emisor de gases de efecto invernadero lo que no se cuantifica adecuadamente. (Kenley and Harfield 2011)

La generación de residuos en la construcción se produce principalmente en: la excavación y movimiento de tierra, la construcción y demolición y la reparación de viales. (Quebaud 1996, Ghelen 2009)

El movimiento de tierra es un microproceso dentro del proceso constructivo y se función es la manipulación y traslado de suelo y rocas al ejecutar un proyecto. (Kenley and Harfield 2011). Los residuos que se generan en este son materiales pétreos como rocas, tierra y material granulado. (Mercante 2007)

La actividad de movimiento de tierra tiene un impacto ambiental considerable y se recomienda estudiar su influencia en la emisión de Gases de Efecto invernadero (Norgate and Haque 2010). Sin embargo se reconoce que las investigaciones en este campo están encaminadas a la reducción de los costos y el tiempo de ejecución y no a la reducción del impacto ambiental. (Kenley and Harfield 2011)

La minimización de los residuos en su origen no tiene gran difusión en la industria de la construcción y la mayoría de las investigaciones sobre sus residuos se encamina a la búsqueda de tecnología que permita su reciclaje y. (Mattosinho and Pionorio 2009, Ghelen 2009)

El presente trabajo está enfocado a la aplicación de acciones de PML en el movimiento de tierra de la expansión de la refinería de petróleo Camilo Cienfuegos.

2 – La expansión de la refinería de petróleo “Camilo Cienfuegos”.

La Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” se encuentra ubicada en la bahía de Cienfuegos cerca de la ciudad de igual nombre en el centro sur de Cuba, tiene

capacidad de refinar 70 000 barriles diarios de petróleo diarios y actualmente trabaja para incrementar su capacidad hasta 150 000 barriles diarios.

La refinería cuenta con un área actual en explotación de 390 ha que se muestra en la figura 1 a), la expansión se realizará en áreas interiores y exteriores en la periferia de la instalación actual, las que se pueden apreciar en la figura 1 b). El área total de la instalación una vez terminada la expansión será de 621 ha.



a) Refinería actual.

b) Áreas de ejecución de la expansión.

Fig 1 – Area actual y de expansión.

3 – Movimiento de tierra en la expansión de la refinería.

La primera etapa del proceso constructivo de la expansión de la refinería será el movimiento de tierra con el que se preparara el terreno de forma que pueda soportar las nuevas plantas industriales que se instalaran y las obras requeridas para esto.

El movimiento de tierra a realizar consiste en la preparación de 13 terrazas que se pueden apreciar en la figura 2.

Las terrazas 1,2,3,6,7,8,9,11 y 12 estarán destinadas a la construcción de plantas, las terrazas 4 y 5 estarán destinadas a la construcción de edificios socio administrativos y las terrazas 10 y 13 estarán destinadas a la instalación de edificaciones ligeras que servirán como facilidades temporales durante la ejecución de la expansión, fundamentalmente almacenes y oficinas.

En la figura 2 se puede apreciar también el área destinada a depositar los residuos de todo el proceso constructivo

3.1 – Proyecto de movimiento de tierra.

El proyecto de movimiento de tierra realizado tiene las siguientes particularidades.

- Propone una excavación inicial para el desbroce del terreno en todas las terrazas de entre 20 y 30 cm, que permitirá toda eliminar la capa de tierra vegetal y las raíces y demás restos.
- Toda la tierra vegetal removida será dispuesta al área habilitada para los residuos.
- La reutilización del material que cumple requisitos técnicos de alta y media exigencia solo está prevista como compensación en la propia terraza en ejecución, cuando se produce un excedente se dispone en el área habilitada para los residuos.



Fig 2 – Ubicación de las terrazas a preparar en el movimiento de tierra.

- El proyecto prevé la apertura de una cantera en préstamo a 5,1 km de la refinería, la que suministrara el relleno con requisitos de alta y media resistencia para completar aquellas terrazas que lo requieran.
- Las 13 terrazas se preparan con requisitos técnicos de media y alta resistencia.

El balance de materiales según el proyecto de movimiento de tierra se expone en la tabla 1, en esta se puede apreciar el volumen de tierra en estado natural a excavar en cada terraza, el volumen de tierra cuyas características permitan utilizarla como relleno con propiedades técnicas en la propia terraza, el volumen de tierra de relleno técnico que cada terraza demandará de la cantera en préstamo y el volumen de tierra vegetal y de tierra que no cumple las características técnicas para relleno que cada terraza aportará al área habilitada para los residuos.

Tabla 1 - Balance material en el movimiento de tierra según el proyecto.

Terraza	Material a excavar (m ³)	Material aprovechable en relleno técnico (m ³)	Demanda de material del préstamo (m ³)	Tierra residual (m ³)	
				Vegetal	No técnica
1	178 690	96 045	41 165	62 230	84 850
2	253 629	67 672	16 918	401 01	219 004
3	183 740	44 023	0	40035	162 338

4	No requieren movimiento de tierra				
5	No requieren movimiento de tierra				
6	40 650	5 069	40 650	14 800	40 777
7	32 322	82 65	32 322	28 980	22 826
8	141 985	30 920	141 985	45 675	127 413
9	619 614	32 0941	19 850	132 000	337 380
10	14 562	0	123 350	14 562	0
11	156 750	137 500	22 850	43 050	13 300
13	313 240	0	521 234	122 000	391 550
14	11178	0	12250	11178	0
Total	1 935 182	713 335	972 574	543 433	1 399 438

En la tabla 1 se aprecia en primer lugar que hay dos terrazas, la 4 y la 5 que no requieren movimiento de tierra.

El volumen total de tierra a excavar en estado natural es de 1 935 182 m³ lo que representa en estado esponjado de 2 302 044 m³, de esta se puede aprovechar como relleno técnico en la nivelación de las terrazas 713 375 m³ en estado natural y 891 669 m³ en estado esponjado, aproximadamente un 36 % del total.

La demanda total de relleno con requisitos técnicos para la nivelación de terrazas es de 1 685 909 de m³ de los será necesario tomar del préstamo 972 574 m³ que representa el 57 % del total. El préstamo se encuentra ubicado a 5.1 km de la obra.

En la tabla 2 también se puede apreciar que se producirán dos corrientes de tierra residual, la primera constituida por la tierra vegetal que representará un estimado de 543 433 m³ y otra de tierra que según su morfología no cumple con los requisitos requeridos para su aprovechamiento como relleno técnico, esta tendrá un valor estimado de 1 399 438 m³.

Ambas corrientes de tierra residual serán conducidas al área prevista para escombrera, señalada en la figura 3. La distancia del centro de la escombrera al centro del área de terrazas es de 2.3 km, la distancia media a recorrer por los viales proyectados entre las terrazas y la escombrera es de 2.8 km.

3.1.1 - Estimación del consumo de combustibles y emisiones en el movimiento de tierra.

En el movimiento de tierra proyectado se utilizaran cuatro tipos de equipos, sus indicadores de consumo son establecidos por el Ministerio de la Construcción a partir de su evaluación técnica en pruebas de campo, estos se muestran en la tabla 3 conjuntamente con la capacidad de trabajo determinada de igual manera y en la que ya se toma en cuenta la eficiencia de los equipos:

Tabla 3 - Indicadores de consumo de los equipos. Fuente (MICONS 2008)

Equipo	Indicador de consumo, lc	Capacidad
Camión de 12 m ³	2.2 L / km	12 m ³
Bulldócer	35.21 l x h	112 m ³ /h
Cargador frontal	26.6 l x h	84 m ³ /h
Moto niveladora	23.7 l x h	333 m ³ /h

Para estimar el consumo de combustible en el movimiento de tierra a partir de los índices de consumo de determinar los indicadores de consumo específico para estos equipos en función del combustible utilizado para excavar o manipular 1 m³ de tierra, y en caso de los camiones para trasladar 1 m³ de tierra a 1 km.

Para el cálculo del consumo de combustible estimado de los camiones se tienen en

cuenta los siguientes aspectos.

- Recorrido medio de las terrazas al depósito de escombros 2.8 km.
- Recorrido medio de las terrazas a la cantera en préstamo 5.1 km.
- El consumo del camión vacío es el 70 % del camión lleno.

La tarea principal de los buldócer en el movimiento de tierra es la excavación de las zonas altas para buscar la cota de proyecto y el traslado de la tierra aprovechable para rellenar las zonas bajas de la terraza donde se ejecutan las labores.

El consumo total de combustible de los buldócer en las terrazas se estimó entonces en función del volumen total de tierra en estado normal a excavar y del índice de consumo específico.

La función de los cargadores en el movimiento de tierra es cargar esta en los vehículos que utilizarán para su traslado, por lo que el consumo de combustible y su tiempo de uso se estima en función del volumen total de tierra a cargar.

La misión de la moto niveladora en el movimiento de tierra es nivelar la capa superficial de las terrazas, el volumen de tierra a manipular por ellas se estima entre el 3 y el 10 % de la tierra total excavada, a partir de este se estima su consumo de combustible y su tiempo de uso.

Para la estimación de las emisiones de CO₂ se toman los siguientes factores de emisión. (Serrano 2009)

Camiones pesados. F = 2.9 g/l.

Motores Diesel a de baja velocidad de desplazamiento: F = 3.1 g/l.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla la tabla 5.

Tabla 5 – Emisión estimada de CO₂.

Equipo	Consumo de combustible, l	Emisión de CO ₂ , t
Camiones	4 164 282	12.07
Buldócer	890 932	2.76
Cargadores	922 221	2.85
Moto niveladoras	6 700 l	0.02
Total	5 984 135 l	17.7

4 – Introducción de acciones de PML en el proyecto de movimiento de tierra.

La aplicación del enfoque de PML al movimiento de tierra en la expansión de la Refinería Camilo Cienfuegos se orientó a los siguientes:

- Reducir el volumen de tierra a excavar y trasegar en las terrazas.
- Reducir el volumen de tierra a tomar de la cantera en préstamo.
- Reducir el consumo de combustible y la emisión de CO₂ en el movimiento de tierra.
- Reducir el tiempo de explotación del equipamiento.
- Reducir el impacto ambiental residual que resultará del vertimiento de 1 942 871 m³ de tierra.

4.1 - Propuestas de acciones de PML en el movimiento de tierra.

Del estudio del proyecto de movimiento de tierra surge una primera interrogante:

¿Será necesario remover la capa vegetal a una profundidad de 20 a 30cm como está previsto?

La interrogante surge del hecho de que la mayoría de las terrazas fueron objeto de movimiento de tierra en los años 80, específicamente la 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 y 12.

Se realizó un estudio de la profundidad de la capa vegetal formada en los últimos 20 años y se comprobó que esta tiene muy poco espesor, por lo que se propone modificar el proyecto y sustituir la excavación y remoción de toda la capa vegetal a una profundidad de 20 a 30 cm por una escarificación de la capa superficial a 10 cm, que solo remueve la tierra para homogeneizarla y no requiere su remoción.

Una segunda incógnita surge del estudio del proyecto:

¿Todas las terrazas tienen iguales requerimientos técnicos?

Para darle respuesta se realizó un estudio en cada terraza a partir de objeto de obra que esta previsto construir en ella.

Del estudio se concluyó que las terrazas 10 y 13 previstas para la edificación de facilidades temporales, que estarán constituidas por oficinas, talleres ligeros, almacenes a cielo abierto, cocinas, comedores y áreas sociales tienen requerimientos menores y aceptaban el uso de tierra clasificada como no técnica lo que permitirá su reutilización, en el proyecto original se consideraba como tierra residual.

Entre ambas terrazas se estimaba una demanda de tierra del préstamo de 64 4584 m³, y se propone entonces utilizar para ese relleno la tierra sin propiedades técnicas proveniente de las otras terrazas que tenía previsto su disposición en la escombrera.

Esta medida reducirá notablemente la extracción de tierra de préstamo y el consumo de combustible y recorrido requerido para su transportación. Además reduce el impacto ambiental resultante de la escombrera al reducir su envergadura.

En la tabla 6 se muestra el resultado del balance de materiales del movimiento de tierra aplicando las dos propuestas.

Tabla 6 – Balance de materiales aplicando las acciones propuestas.

Terraza	Material a excavar (m ³)	Material aprovechable en relleno técnico (m ³)	Demanda de relleno (m ³)	Tierra residual (m ³)		
				Vegetal	No técnica	Técnica
1	116 460	74980	0	0	84 850	0
2	213 528	44 489	0	0	219 004	114 946
3	143 705	3 988	0	0	162 338	95 007
4	Esta terraza no requiere movimiento de tierra					
5	Esta terraza no requiere movimiento de tierra					
6	25850	5 069	25 850	25 850	40 777	0
7	32 322	8 265	32 322	32 322	22 826	0
8	96 310	30 920	96 310	96 310	127 413	0
9	619 614	320 941	0	0	337 380	95 575
10	14 562	0	123 350	123 350	0	0
11	156 750	137 500	22 850	22 850	13 300	0
13	313 240	0	521 234	521 234	391 550	0
14	11 178	0	12 250	12 250	0	0
Total	1 390 121	629 052	834 156	834 156	1 399 438	305 528

En la tabla 7 se muestra la comparación entre el balance materiales del proyecto original y el balance de materiales aplicando las medidas propuestas.

	Proyecto inicial (m ³)	Proyecto modificado (m ³)	Variación (%)
Material a excavar	1 935 182	1 390 121	-29
Tierra aprovechable en relleno técnico	713 335	629 052	-12
Demanda de relleno	972 574	834 156	-15
Demanda de relleno técnico	972 574	236 978	-81
Demanda de relleno no técnico	-	805 731	-
Demanda del material del préstamo	1 215 720	-	-
Tierra residual en la escombrera	1 942 871	322 790	-93

De la tabla se puede concluir que aplicando estas propuesta el volumen de tierra a excavar se reduce un 29 %, la demanda de relleno se reduce un 15%, pero particularmente la demanda de relleno que cumpla requisitos técnicos se reduce un 81 % quedando totalmente cubierta al igual que le demanda de rellano sin requisitos técnicos lo que evita la utilización de la cantera en préstamo y finalmente la corriente de tierra a la escombrera se reduce un 93 % disminuyendo el impacto ambiental al finalizar la construcción.

4.1.1 - Estimación del consumo de combustibles y emisiones en el movimiento de tierra.

La estimación del consumo de combustible y las emisiones de CO₂ en el movimiento de tierra aplicando las medidas propuestas se realiza siguiendo la misma metodología aplicada en el proyecto original, se considera en el cálculo todo el trasiego de material de las terrazas a la escombrera que funcionara como depósito temporal de tierra y de esta a las terrazas donde se utilizara como relleno. En la tabla 8 se muestra la comparación de los resultados obtenidos en ambas variantes.

Tabla 8 - Comparación del consumo de combustible.

Equipo	Proyecto inicial (l)	Proyecto con PML (l)	Variación (%)
Camiones	4 164 282	2 605 435	-32
Bulldózer	890 932	491 268	-52
Cargadores	922 221	854098	-20
Moto niveladoras	6 700	6 700	-
Total	5 984 135	3 957 501	-33

5 – Conclusiones.

La aplicación de acciones de PML en la movimiento de tierra de la ampliación de la Refinería “Camilo Cienfuegos” producirá un ahorro de combustible del orden de los 2 millones de litros lo que representa una reducción del 33 % respecto al proyecto inicial, evitándose la emisión de más de 5 toneladas de CO₂, se evitará la apertura de

una cantera en préstamo y se reducirá notablemente su impacto ambiental residual al reducir en un 93 % la tierra desechada al finalizar los trabajos.

6 – Bibliografía

Acevedo, C. (2017). Las tiendas de barrio desde la economía institucional. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 2(1), 30-37. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/85>

Amores, J.1999. *Procesamiento y reciclaje de productos y materiales pétreos de la construcción*. Trabajo de Titulación, Universidad "Martha Abreus", Santa Clara, Cuba.

Bonilla Blanchar, E., Cardeño Portela, N., & Cardeño Portela, E. (2015). La función financiera en las micros, pequeñas y medianas empresas, del municipio de Riohacha. *Revista Económicas CUC*, 36(2), 137-146. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/762>

Blumenschein, R. 2004. A sustentabilidade na cadeia produtiva na industria da construcao. Doctorla Thesis. University of Brasília. Brasília, Brazil.

Ding, G. 2998. Sustainable construction. The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*. 86. 451 – 464. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025>

Cabello-Eras, J. (2016). Acercamiento a la producción más limpia como estrategia de gestión ambiental. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 1(1), 4-7. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/71>

Cabello-Ulloa, M. J., Cabello-Eras, J. J., Moya-Rodríguez, J., Goytisoló-Espinosa, R., Velásquez-Pérez, J. A., & Mestizo-Cerón, J. R. (2011). Modelación matemática del funcionamiento de las coronas de molinos considerando la flotación de la maza superior. *Ingeniería Mecánica*, 14(3), 209-220.

Casas Herrera, J. (2015). Metodologías de estimación de la línea de pobreza absoluta en colombia: una reflexión / Methodologies for the estimation of absolute poverty line in colombia: a reflection. *Revista Económicas CUC*, 36(1), 113-126. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/675>

Cortés-Peña, O. (2016). Sustainable development in synergistic relationship with pro-ambient behavior and fair trade. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 1(1), 54-58. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/78>

Cruz-Virosa, I., José-Cabello-Eras, J., Sorinas-González, L., Varela-Haro, A. D. R., &

Costa-Pérez, I. (2015). Propuesta de procedimiento para el Control de Emisiones Atmosféricas en ambientes urbanos. *Ingeniería Industrial*, 36(1), 2-16.

Cruz Viroso, I., Cabello Eras, J. J., & Sorinas González, L. (2015). Evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos: Mejoras en el desempeño ambiental. *CUBASOLAR*, (52).

Hens, L., Cabello-Eras, J. J., Sagastume-Gutiérrez, A., Garcia-Lorenzo, D., Cogollos-Martinez, J. B., & Vandecasteele, C. (2017). University–industry interaction on cleaner production. The case of the Cleaner Production Center at the University of Cienfuegos in Cuba, a country in transition. *Journal of Cleaner Production*, 142, 63-68.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.105>

Hernández Rodríguez, D., & Escobar Castillo, A. (2017). Modelo de contabilidad social como herramienta de gestión para la responsabilidad social empresarial. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 2(1), 44-56. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/86>

Hoyos Velasco, F., Candelo, J., & Silva Ortega, J. (2018). Performance evaluation of a DC-AC inverter controlled with ZAD-FPIC. *INGE CUC*, 14(1), 9-18.
<https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.01>

Gelem, J. Aplicando a sustentabilidade e a Producao Limpa aos Canteiros de Obras. 2009. Proceeding of 2nd International Work Shop Advances in Cleaner Production. Sao Pablo. Brazil.

Kenley, R. Harfield, T. 2011. Greening procurement of infrastructure construction: Optimising mass haul operation to reduce greenhouse gas emissions. Proceeding of the CIB W78-w102. International Conference. Sophia Antipolis. France.

Jiménez Serpa, J. C., & Salas Rondón, M. H. (2017). Aplicación de modelos econométricos para estimar la aceptabilidad de una tasa por congestión vehicular. *INGE CUC*, 13(2), 60–78.
<https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.2.2017.08>

Landinez-Lamadrid, D. C., Ramirez-Ríos, D. G., Neira Rodado, D., Parra Negrete, K., & Combata Niño, J. P. (2017). Shapley Value: its algorithms and application to supply chains. *INGE CUC*, 13(1), 61–69. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.06>

Mattosinho, C. Pionorio, P. 2009. Aplicacao da Producao Mais Limpa na contracao civil. Una proposta de minimizacao de residuos na fuente. Proceeding of 2nd International Work Shop Advances in Cleaner Production. Sao Pablo. Brazil.

Mercante, I. 2007. Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de la Universidad de Ciencias Empresariales y sociales.*, Vol. XI Nº 2.

Núñez Flórez, E. R., Vergara Ortiz, R., & Bocanegra García, J. J. (2014). Sistema experto basado en lógica difusa tipo 1 para determinar el grado de riesgo de preeclampsia. *INGE CUC*, 10(1), 43–50.

Ministerio de la Construcción. (MICONS). 2008. Guía metodológica para la explotación de equipos en obras de construcción.

Morales Sosa, A. Ingeniería Vial I; Autor: Ing. Hugo Andrés Morales Sosa Quebaud, M. 1996. *Caracterización de granulados reciclados*. Tesis Doctoral, Universidad de Artois. Artois, Francia.

Ramírez, J. 2007. Guía para el manejo de residuos sólidos generados en la industria de la construcción. Tesis de Maestría, Universidad de las Américas. Puebla, México. Escuela de Ingeniería y Ciencias Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Romero Duque, G., Suárez Castro, R., & Rodríguez Celis, H. (2018). Modelo de capacidades de innovación para instituciones de educación superior. *INGE CUC*, 14(1), 87-100. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.8>

Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo Arquitectura Cuc, 17(1), 29-48. <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>

Sagastume, A., Cabello, J., Hens, L., & Vandecasteele, C. (2016). The biomass based electricity generation potential of the province of Cienfuegos, Cuba. *Waste and Biomass Valorization*, 8, 2075-2085. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9687-x>

Sagastume Gutierrez, A., & Cabello Eras, J. (2017). La educación superior y una producción más limpia. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 2(1), 4-8. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/79>

Segura, E. (2016). Información, estabilidad y complejidad de aprendizaje en memorias asociativas. *International Journal of Management Sciences and Operations Research*, 1(1), 49-53. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/77>

Serrano M et al. 2009. Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Comisión Nacional del Medio Ambiente. ANDROS impresores. Santiago de Chile. 146 p.

Sisiruca Montiel, M., & Salazar Llamarte, C. (2014). Valores éticos de la responsabilidad social interna en centros de producción audiovisual. *Revista Económicas CUC*, 35(1), 79-90. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/259>

Spina, M., Rohvein, C., Urrutia, S., Roark, G., Paravié, D., & Corres, G. (2016). Aplicación del modelo SCOR en pymes metalmecánicas de Olavarría. INGE CUC, 12(2), 50-57. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.12.2.2016.05>

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Madrid, S. V. (1994). Gestión Integral de Desechos Sólidos. . In E. M. Hill (Eds.)

Tello Fernández, M. (2013). El proyecto de conservación integral del patrimonio inmueble: Enfoques conceptuales, reflexiones valorativas y apuntes metodológicos para la sustentabilidad integral del patrimonio inmueble. Módulo Arquitectura Cuc, 12(1), 99-130. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/41>

Villasmil Molero, M., & Crissien Borrero, T. (2015). Cambio de paradigma en la gestión universitaria basado en la teoría y praxis de la reingeniería / Change of paradigm in the university management based on the theory and praxis of reengineering. Revista Económicas CUC, 36(1), 126-142. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/678>

Zang, H. 2008. Multi objective simulation – optimization for earth moving operations. Automation in construction. 18. 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.002>